

BAB III

LANDASAN TEORI

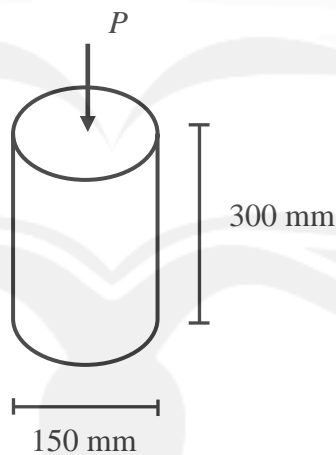
3.1 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Untuk menentukan nilai kuat tekan beton, dapat digunakan rumus yang berasal dari peraturan SNI 03-1974-1990 yang terdapat pada persamaan berikut.

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3-1)$$

Dengan keterangan : f_c' = Kuat Tekan (MPa),
P = Beban maksimum (N),
A = Luas penampang (mm^2).



Gambar 3.1 Pengujian Kuat Tekan Beton pada Benda Uji Silinder

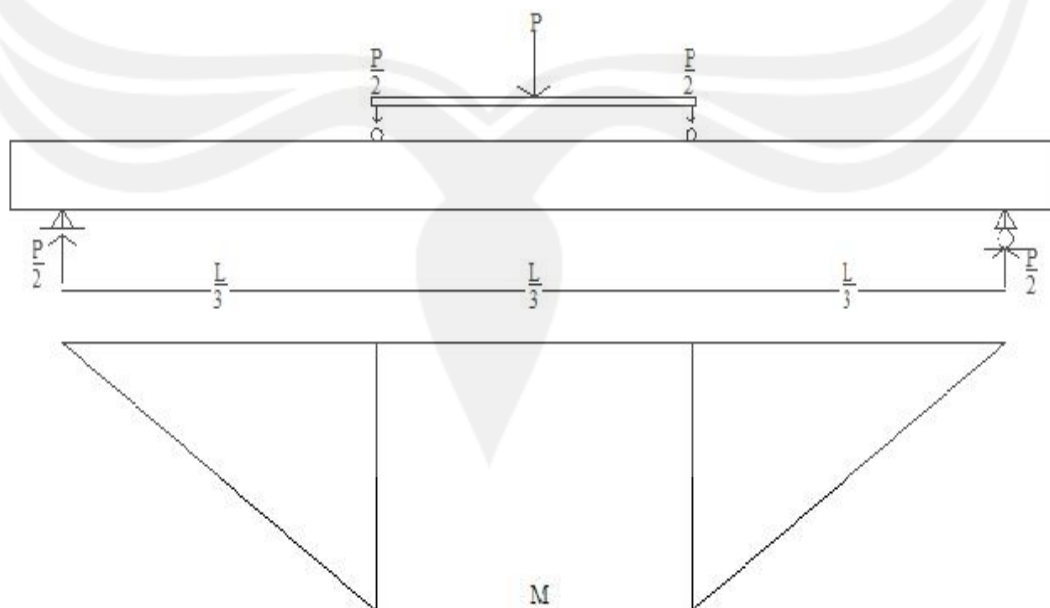
Benda uji yang sering digunakan dalam pengujian kuat tekan adalah benda uji berbentuk silinder, memiliki ukuran tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. Dengan tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM C39-

86. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f_c') yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan (Dipohusodo, 1996). Gambar pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada gambar 3.1.

3.2 Kuat Lentur Balok

Kuat lentur balok beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua tumpuan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, sampai benda uji tersebut patah. (SNI 03-4431-2011)

Agar struktur dapat mengembangkan tahanan momennya sebelum terjadinya kegagalan diperlukan syarat kekompakan penampang, hal ini agar kegagalan karena tekuk lokal tidak terjadi. Syarat tersebut menurut SNI 03-1729-2002 serta perhitungan kuat lentur dapat dilihat pada persamaan berikut ini. Untuk skema diagram beban dan momen pada balok dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram beban dan momen pada balok

Oleh karena beban P yang diberikan pada balok akan mengakibatkan terjadinya defleksi δ , dan rotasi pada badan θ . Hubungan nilai P dan δ ini kemudian dijadikan menjadi hubungan M dengan δ . Melalui gambar 3.1 hubungan P dan M dinyatakan dengan :

$$M = \frac{P}{2} \times \left(\frac{L}{3} \right) \dots \dots \dots (3-2)$$

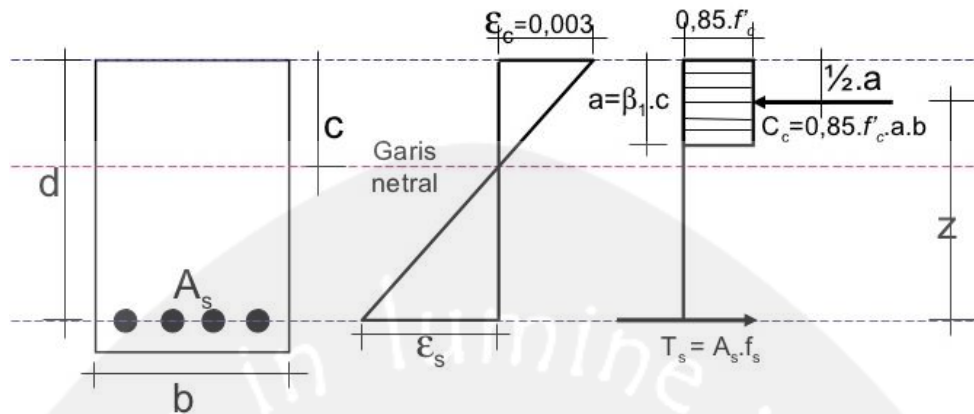
$$M = \frac{PL}{6} \dots \dots \dots (3-3)$$

Keterangan :

P = gaya atau beban yang diterima (kN),
 L = panjang bentang balok (m),
 M = momen lentur (kNm).

3.3 Balok Bertulangan Tunggal

Dalam pembuatan atau perancangan struktur beton bertulang, hal pertama yang harus dilakukan adalah membuat perencanaan mengenai struktur beton bertulang yang akan dibuat. Dalam penelitian ini direncanakan struktur beton bertulang tunggal, sehingga Gaya tekan pada balok beton bertulang tunggal hanya akan ditahan oleh beton (C_c) dan gaya tariknya ditahan oleh tulangan baja (T_s). Untuk analisa balok tulangan tunggal dapat dilihat pada persamaan (3-4) hingga (3-16), serta gambar 3.3 Gambar distribusi regangan-tegangan pada balok bertulang tunggal.



Gambar 3.3 Distribusi Tegangan dan Regangan pada Penampang Balok Beton Normal

Keterangan Pada Gambar 3.3 :

C_c	= gaya tekan beton (N)
T_s	= gaya tarik tulangan (MPa)
f'_c	= kuat tekan beton normal (MPa)
b	= lebar balok (mm)
d	= jarak dari serat tarik terluar ke titik berat tul. tarik (mm)
c	= jarak antara garis netral dan tepi serat beton tekan (mm)
a	= tinggi tekanan ekuivalen (mm)
A_s	= luas tulangan tarik (mm ²)
L	= Panjang Balok (mm)
P	= Beban (kN)
ρ_{min}	= rasio penulangan maksimum
ρ_{maks}	= rasio penulangan maksimum
ρ_b	= rasio penulangan dalam keadaan seimbang
f_y	= tegangan luluh baja (MPa)
β_1	= $0,85 \rightarrow f'_c \leq 28 \text{ MPa}$

Supaya kesetimbangan gaya horizontal terpenuhi, gaya tekan C_c pada beton dan gaya tarik T_s pada tulangan harus saling mengimbangi, dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.

$$C_c = T_s \dots\dots\dots(3-4)$$

$$0,85 \times f'_c \times b \times a = A_s \times f_y \dots\dots\dots(3-5)$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b \times d} \dots\dots\dots (3-6)$$

Ditentukan rasio penulangan terlebih dahulu.

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (3-7)$$

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \times f_y} \dots\dots\dots (3-8)$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \dots\dots\dots (3-9)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \dots\dots\dots (3-10)$$

$$l = d - \frac{a}{2} \dots\dots\dots (3-11)$$

Karena $C_c = T_s$, maka persamaan momen dapat ditulis sebagai berikut ini.

$$M_n = C_c \times l = 0,85 \times f_c' \times b \times a \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots (3-12)$$

$$M_n = T_s \times l = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots (3-13)$$

$$M_n = M_u \dots\dots\dots (3-14)$$

Menentukan beban maksimum (P) dengan persamaan yaitu :

$$M_u = \frac{1}{6} \times P \times L \dots\dots\dots (3-15)$$

$$P = \frac{6 \times M_u}{L} \dots\dots\dots (3-16)$$

3.4 Perancangan Keruntuhan Lentur

Dalam perancangan suatu struktur beton bertulang untuk menentukan terjadinya keruntuhan lentur, maka diharuskan perhitungan analisis secara teoritis sebelum dilakukan proses pengerjaan. Struktur beton bertulang yang akan diuji mengalami keruntuhan lentur, maka proses keruntuhan geser harus dihindari. Untuk itu keruntuhan geser harus lebih kuat dibanding keruntuhan lentur. Berikut ini perhitungan teoritis perancangan untuk balok beton bertulang tunggal.

V_u dapat dihitung dari :

$$V_u = \frac{1}{2} \times P \dots\dots\dots(3-17)$$

$$\phi V_n = V_u \dots\dots\dots(3-18)$$

(SNI 03 – 2847 – 2002 Pasal 13.1.1)

Dengan V_u adalah gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau dan V_n sebagai kuat geser nominal yang akan dihitung dari :

$$V_n = V_c + V_s \dots\dots\dots(3-19)$$

(SNI 03 - 2847 – 2002 Pasal 13.1.1)

Gaya geser tahanan nominal V_c dapat dihitung dari :

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \dots\dots\dots(3-20)$$

Untuk perhitungan tulangan geser adalah sebagi berikut :

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \dots\dots\dots(3-21)$$

Dengan jarak antar sengkang dan jarak sengkang maksimum yang akan digunakan dapat dilihat pada persamaan ini.

$$S_{teritis} = \frac{A_a \times f_y \times d}{V_s} \text{ dan } S_{maks} = \frac{d}{2} \dots\dots\dots(3-22)$$

Keterangan :

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (kN),

V_n = kuat geser nominal (kN),

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton (kN)

f_c' = kuat tekan beton (MPa),

b_w = lebar badan (mm),

A_v = luas tulangan geser dalam daerah sejarak s (mm^2)

f_y = kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan baja non prategang (MPa),

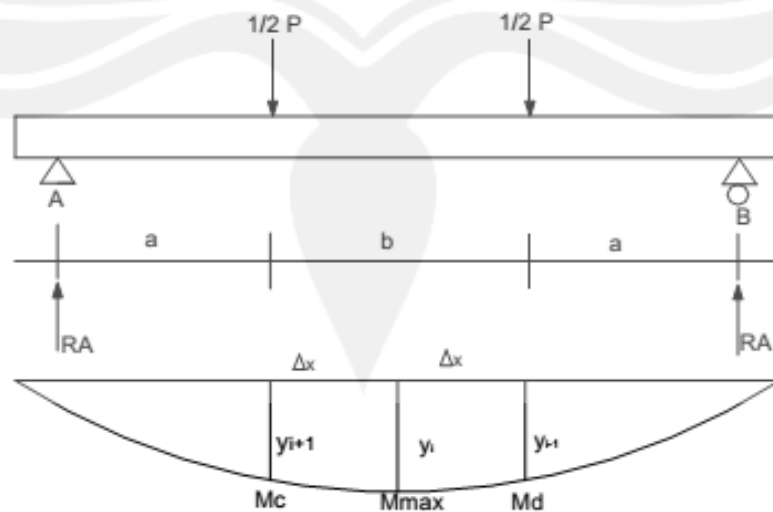
d = jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan tarik longitudinal (mm),

s = jarak antar sengkang (mm).

D = diameter tulangan (mm).

3.5 Kelengkungan Balok

Kelengkungan balok menurut (Timoshenko, 2000) merupakan ukuran seberapa tajamnya suatu balok melentur ketika diberikan beban. Perhitungan kelengkungan balok dapat ditentukan dengan pendekatan metode *central difference* dengan memanfaatkan tiga titik diskrit yang berurutan (Chapra dan Canale, 1989). Dapat dilihat pada gambar 3.4 diagram lendutan balok akibat beban terpusat dan dari *deret Taylor* :



Gambar 3.4 Lendutan Balok Tumpuan Sederhana Akibat Beban Terpusat
(Sumber : Chapra dan Canale, 1989)

$$f(y_{(i+1)}) = f(y_i) + f'(y_i) + \left(\frac{f''(y_i)}{2} \times \Delta x^2\right) \dots\dots\dots (3-23)$$

Untuk mendapatkan turunan kedua digunakan $f''(y_{i+2})$ sehingga *deret Taylor* adalah sebagai berikut :

$$f(y_{(i+2)}) = f(y_i) + (f'(y_i) \times 2\Delta x) + \left(\frac{f''(y_i)}{2} \times 2\Delta x^2\right) \dots\dots\dots (3-24)$$

Apabila persamaan (3-23) dikalikan 2 kemudian untuk mengurangi persamaan (3-24), maka diperoleh :

$$f(y_{(i+2)}) - 2f(y_{(i+1)}) = -f'(y_i) + \left(\frac{f''(y_i)}{2} \times \Delta x^2\right) \dots\dots\dots (3-25)$$

$$f(y_{(i+2)}) = \frac{f(y_{i+2}) - 2f(y_i) + f(y_{i+1}))}{\Delta x^2} \dots\dots\dots (3-26)$$

Untuk bentang tengah :

$$f''(y_i) = \frac{f(y_{i+2}) - 2f(y_i) + f(y_{i+1}))}{\Delta x^2} \dots\dots\dots (3-27)$$

Dimana,

$$f''(y_i) = \frac{d^2 y}{dx^2} = \varphi \dots\dots\dots (3-28)$$

Sehingga :

$$\varphi = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{\Delta x^2} \dots\dots\dots (3-29)$$

Keterangan :

- Φ = kelengkungan,
- y_{i+1} = dial LVDT 1,
- y_i = dial LVDT 2,
- y_{i-1} = dial LVDT 3,
- Δx = jarak antar dial.

3.6 Beban Pada Saat Retak Pertama

Pada proses perhitungan beban pada saat retak pertama secara teoritis, menurut (Vis dan Gideon, 1993) modulus retak (f_r) dapat dihitung pada persamaan (3-30).

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots(3-30)$$

Keterangan : f_r = modulus retak beton (MPa),
 f_c' = kuat tekan beton (MPa).